Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung Berlin-Buch
Physiologische Abteilung (Prof. Dr. M. H. Fischer) Berlin-Dahlem

Messende Untersuchungen über Sehferne

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der

Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

vorgelegt von

Hyman Spotnitz

aus Boston, Mass. U.S.A.

Tag der Promotion: 5. Mai 1934

Druck von Gebrüder Hoffmann, Charlottenburg, Schillerstr. 44

344

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin:

Dekan: Prof. Dr. Gocht

Referent: Prof. Dr. Trendelenburg

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550815_0049

Die Probleme der optischen Lokalisation sind aus vielerlei Gründen schon seit langem von großem Interesse gewesen. Ihre Grundlagen sind durch die unübertroffenen Untersuchungen und Darlegungen von v. Helmholtz, E. Hering und v. Kries, denen eine Reihe von Schüler wie R. Dittler, F. B. Hofmann, W. Trendelenburg, A. Tschermak u. a. nachgefolgt ist, ausgebaut worden. Es bestehen aber auch heute noch zwischen den Meinungen der einzelnen Schulen recht scharfe Gegensätze, wenn dieselben auch nicht so sehr die Tatbestände sondern deren Auffassung und theoretische Deutung betreffen. Wenn auch viele grundlegende Arbeiten vorliegen, so sind doch die experimentellen Möglichkeiten auch hier noch lange nicht erschöpft. Es sind immer noch viele grundsätzliche Fragen zu klären.

E. Hering hatte die relative Lokalisation der absoluten gegenüber gestellt. Unter relativer Lokalisation versteht man die Anordnung der Sehdinge zueinander; die absolute Lokalisation hatte Hering dagegen für die Wahrnehmung „absoluter Lageverhältnisse" vorbehalten. Es ist aber aus erkenntnistheoretischen Gründen für letztere die Bezeichnung „egozentrische Lokalisation" vorzuziehen, welche G. E. Müller geprägt hat. Die meisten auf diesem Fachgebiete arbeitenden Autoren haben sich ihm auch angeschlossen. Das Wesen der egozentrischen Lokalisation liegt darin, daß „bei all' unserem räumlichen Wahrnehmen die Vorstellung unseres eigenen Körpers mitbeteiligt ist", wie dies v. Kries in der ihm eigenen Klarheit ausgesprochen hat. Aus dieser Formulierung geht gleichzeitig hervor, daß in jeder Lokalisation eine egozentrische Wurzel liegen muß.

Aus der egozentrischen Lokalisation hebt man mit F. B. Hofmann in zweckmäßiger Weise eine Richtungslokali-

sation und eine Abstandslokalisation heraus. Die Richtungslokalisation ist durch die subjektiven Richtungen von der Vorstellung unseres Körpers bestimmt. Unsere folgenden Untersuchungen beschäftigen sich mit einem Ausschnitte aus dem Fragenkomplexe der Abstandslokalisation, nämlich der Sehferne. Hier handelt es sich darum, in welcher Entfernung von uns die Sehdinge zunächst ohne Rücksichtnahme auf ihre Sehtiefe erscheinen. Sehferne bedeutet also die Lokalisation der Kernebene zum eigenen Ich, während durch die Sehtiefe das stereoskopische Sehen, die räumlichen Unterschiede relativ zur Kernebene, gekennzeichnet sind.

Eine ganz strenge Scheidung zwischen Sehferne und Sehtiefe läßt sich jedoch nicht durchführen. Die Uebergänge sind fließend, es ändert sich ja mit der Sehtiefe gleichzeitig auch immer die Sehferne. Gerade deshalb war es von besonderem Interesse Untersuchungen vorzunehmen, welche eine messende Charakteristik der Sehferne und der Sehtiefe erlauben. So war zu erwarten, daß es gelingen könnte, neuartige Aufklärungen zu gewinnen und dann vielleicht auch Stellung zu den vielfach sehr zugespitzten Streitfragen über die theoretischen Auffassungen nehmen zu können. Ein Teil dieses Programmes hat in unseren Untersuchungen seine Bearbeitung gefunden.

Der Sehferne sind bereits zahlreiche Experimente gewidmet worden. Insbesondere haben die eigenartigen Erscheinungen der Tapetenbilder viel aufmerksamkeit auf sich gezogen. Der Einfluß von Konvergenz und Akkomodation ist viel besprochen worden. Man hat einäugige Versuche herangezögen, auch an die bekannten sekundären Momente der Tiefenwahrnehmung gedacht, konnte sich aber niemals einwandfrei schlüssig werden. Das ist leicht begreiflich, wo es sich hier um schwierigste und grundlegendste Fragestellungen der Abstandslokalisation handelt.

Versuchsmethodik.

Mit Hilfe des ausgezeichneten Spiegelhaploskopes von Hering und zahlreicher ähnlicher Präzisionsinstrumente hätten sich manche der von uns angeschnittenen Fragestellungen leicht bearbeiten lassen, und es ist merkwürdig, daß dies mit Ausnahme von wenigen Untersuchungen von amerikanischer Seite fast durchwegs versäumt worden ist. Unsere einfache Methode beruht auf dem Prinzipe der Haploskopie und ähnelt jener, welche bereits Ashley 1902 zur unmittelbaren Messung der scheinbaren Entfernung der Sehdinge angegeben hat. An einem Haploskope war in der Sagittalebene der Versuchsperson ein wagrechter Stab befestigt, auf welchem ein Reiter verschieblich war. Dieser Reiter wurde dann in die scheinbare Ebene des haploskopischen Sammelbildchens eingestellt und seine Entfernung vom Auge der Versuchsperson abgelesen. Im Laboratorium von Carr hat Swenson diese Methode neulich wieder aufgegriffen und eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, die noch angeführt werden.

Unsere von M. H. Fischer ausgearbeitete, ganz einfach verwendbare Methode besteht in folgendem. Lediglich die Fähigkeit zu freiäugiger Haploskopie wird vorausgesetzt, wozu, wie dies ja bei allen subjektiven Untersuchungen der Fall ist, einige Uebung notwendig ist. Die Einrichtung besteht aus einer mehreren Meter langen Eisenschiene, auf welcher ein Laufwägelchen verschieblich ist, das einen mit schwarzem Samtpapier überzogenen, je nach Wunsch verschieden breiten Stab trägt. An dem einen Ende der Schiene ist ein Halter festgeschraubt, auf welchem in Kopfhöhe der Versuchsperson ein Beißbrettchen angebracht wird, um eine gute Kopffixation zu ermöglichen. Die Versuchsperson blickt auf einen großen Merkpunktlosen weißen Schirm am anderen Ende der Schiene. In einer bestimmten Entfernung vom äußeren Augenwinkel — dieselbe kann je nach Wunsch verändert werden — sind frontoparallel nebeneinander zwei Diapositivplatten mit konzentrischen weißen und schwarzen Ringen aufgestellt. Die Mittelpunkte der konzentrischen Kreise (Bildmitten) liegen

in der wagrechten Blickebene, die Bildebenen stehen rechtwinklig zu letzterer. Die Bildmittenentfernung ist dadurch veränderlich, daß die Platten mittels einer Feineinstellungsschraube symmetrisch um gleiche Beträge voneinander entfernt oder einander genähert werden können.

Werden von der Versuchsperson die beiden identischen Bilder haploskopisch miteinander verschmolzen, dann erscheint ihr das flächenhafte Sammelbildchen je nach den gegebenen Bedingungen in einer bestimmten Sehferne und Sehgröße. Durch Verschiebung des Wägelchens auf der Schiene, die mit Hilfe einer Kurbel von der Versuchsperson selbst durchgeführt werden kann, gelingt es dann meistens mit Leichtigkeit und großer Genauigkeit den schwarzen Stab in die scheinbare Ebene des durchsichtigen Sammelbildchens zu stellen. Die Entfernung des Stabes vom äußeren Augenwinkel wird auf einer Skala abgelesen und gibt eine Charakteristik der Sehferne.

Die Konvergenz kann mit dieser Einrichtung auf zweierlei Art abgewandelt werden. Einmal geschieht dies dadurch, daß man bei einer bestimmten Entfernung der Diapositivplatten vom äußeren Augenwinkel, also bei gleichbleibender Akkommodation die Bildmittendistanz mit Hilfe der Millimeterschraube verändert. Die andere Möglichkeit besteht darin, daß man bei gleichbleibender Bildmittendistanz die Entfernung der Platten vom äußeren Augenwinkel vergrößert oder verkleinert, was aber jedes Mal gleichzeitig mit einem Wechsel der Akkommodation verbunden ist. Es wäre auch möglich, die Akkommodation bei gleichbleibender Konvergenz zu verändern. Dann müßte nur mit der Variation der Distanz der Platten vom äußeren Augenwinkel gleichzeitig in einem bestimmten Ausmaße die Entfernung der Bildmitten geändert werden. Dieser Vorgang kam aber bei unseren Untersuchungen nicht zur Verwendung, da sich die Akkommodation allein durch Vorsetzen von Linsen vor beide Augen in einwandfreier und einfacher Weise abwandeln läßt.

Infolge der Bindung von Akkommodation und Konver-

genz ist natürlich bei den oben angegebenen Versuchsbedingungen eine gewisse Grenze gegeben. Das erwies sich aber wenigstens bei dem einen unserer Beobachter als wenig hinderlich, da bei ihm sowohl die relative Konvergenz- wie Akkomodationsbreite noch recht groß ist. Im übrigen kommt, dies sei vorweggenommen der Akkommodation bei der Beurteilung der Sehferne ohnehin keine wesentliche Bedeutung zu, sodaß selbst bei einem Vergehen gegen die Akkommodationskonstanz sich keine ins Gewicht fallende Fehler ergeben.

W. Trendelenburg und sein Schüler Matsuda haben sich einer spiegelhaploskopischen Methode zur „Messung von Raumbildern" bedient und damit grundlegende Feststellungen gemacht. Es wurde mit einem Zeigeinstrument von der Seite rasch dorthin vorgestoßen, wo eine bestimmte Ecke oder dergleichen gesehen wurde. Bei diesen Untersuchungen handelt es sich hauptsächlich um die Sehtiefe, das stereoskopische Sehen. Außerdem bildet noch eine Verknüpfung zwischen optischer und haptokinaesthetischer Lokalisation einen wesentlichen Bestandteil der Methode.

Versuchsergebnisse.

Auf Abb. 1 ist eine ganze Schar von Kurven zu sehen, aus der zunächst einmal die mit 50 bezeichnete Kurve (das bedeutet 50 cm Abstand der Diapositivplatten vom äußeren Augenwinkel) herausgegriffen sei. Auf den Abscissen dieser Abbildung sind die Bildmittendistanzen in mm angegeben, auf den Ordinaten dagegen die Sehferne in cm vom äußeren Augenwinkel des Beobachters in der oben angegebenen Weise gemessen. An der Kurve 50 sieht man, daß die Sehferne mit zunehmender Bildmittendistanz in einer ganz bestimmten Beziehung wächst. Diese Kurve zeichnet sich durch eine auffallende Regelmäßigkeit aus, die darauf zurückzuführen ist, daß solche Versuche unter den gleichen Bedingungen vorher zahlreich wiederholt worden sind. Das beweist, daß auch hier, wie bei allen sinnephysiologischen Experimenten, ein

gewisser Grad von Uebung und Fertigkeit eine Voraussetzung für das einwandfreie Gelingen ist. Solche Eigenschaften lassen sich im Laufe einiger Zeit besonders bei jungen Individuen leicht erwerben. Der Verf. selbst hat dazu noch den großen Vorteil, daß bei emmetropen Augen er infolge seiner Jugend noch eine große absolute und relative Akkommodationsbreite sein Eigen nennt. Wenn auch eine Prüfung des Augengleichgewichtes nicht vorgenommen wurde, so ist doch aus vielen Gründen anzunehmen, daß Verf. eine Heterophorie bemerkenswerten Ausmaßes nicht besitzt.

Man kann natürlich die Sehferne, die ja ein Sinneseindruck ist, nicht messen, sondern nur „messend charakterisieren". Das muß berücksichtigt werden, wenn wir die Sehferne als Abstand des scheinbaren Sammelbildchens vom äußeren Augenwinkel annehmen. Es ist ebenso selbstverständlich, daß Sinneseindrücke im Sehraume mit objektiven Daten des Gesichtsraumes in keiner Weise vergleichbar sein können. Trotz alledem soll aber hier zunächst einmal auf erkenntnistheoretische Erörterungen keine Rücksicht genommen und ein Vergleich der Kurve 50, welche den Verlauf der Sehferne darstellt, mit den zugehörigen Konvergenzpunkten herangezogen werden. Bei gleicher Plattenentfernung vom äußeren Augenwinkel ändert sich ja, wie schon oben erwähnt, mit der Bildmittendistanz der Konvergenzwinkel und die Entfernung des Konvergenzpunktes. Der Konvergenzwinkel wird gesetzmäßig kleiner, wenn die Bildmittendistanz wächst; gleichzeitig rückt der Konvergenzpunkt immer mehr in die Ferne. Konvergenzwinkel und Lage des Konvergenzpunktes lassen sich aus den Versuchsdaten leicht mit einiger Genauigkeit berechnen, wenn wir den äußeren knöcheren Augenwinkel seitlich auf das Auge projiziert mit dem Drehpunkte des Auges gleichsetzen.

So sind zu einzelnen Kurvenpunkten die zugehörigen Konvergenzpunkte berechnet worden. Bei der Kurve 50 liegen diese bis zu einer Sehferne von 200 cm nur um ganz geringe Beträge von der Kurve der Sehferne ab; die Unter-

schiede wachsen aber mit zunehmender Sehferne auf immer größere Beträge an. Die eingezeichneten gestrichelten Ordinaten lassen dies deutlich erkennen. Wenn wir also mit Außerachtlassung erkenntnistheoretischer Grundsätze den so beliebten Ausdruck gebrauchen wollen, daß wir unsere binokularen Bilder in dem jeweiligen Konvergenzpunkte der Augen sehen, so müssen wir hinzufügen, daß ein solches Verhalten genauer nur für geringe Entfernungen gilt, daß aber mit zunehmender Sehferne sich immer größere Abweichungen ergeben. Aus Gründen, die später noch ausführlicher besprochen werden, und welche die Grundlage der Methode betreffen, müssen die Einstellungen bei unseren Versuchen linear gemessen, mit zunehmender Sehferne immer ungenauer werden. Benützt man Winkelgrößen als Maß, dann liegen die Dinge anders.

Bei den Versuchen, welche in Abb. 1 dargestellt sind, wurde die Konvergenz in jeder Reihe dadurch abgewandelt, daß bei gleichbleibender Entfernung der Diapositivplatten vom äußeren Augenwinkel die Bildmittendistanz verändert wurde. Solche Reihen wurden nacheinander mit verschiedenen Entfernungen der Platten vom äußeren Augenwinkel durchgeführt und wie die Reihe 50 in Abb. 1 verzeichnet. Man sieht, daß bei allen diesen Versuchsserien die Abweichungen von den zugehörigen Konvergenzpunkten wesentlich größer ausgefallen sind als bei der Reihe 50. Diese Tatsache ist wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die eben genannten Kurven nur aus Einzelversuchen gezeichnet worden sind.

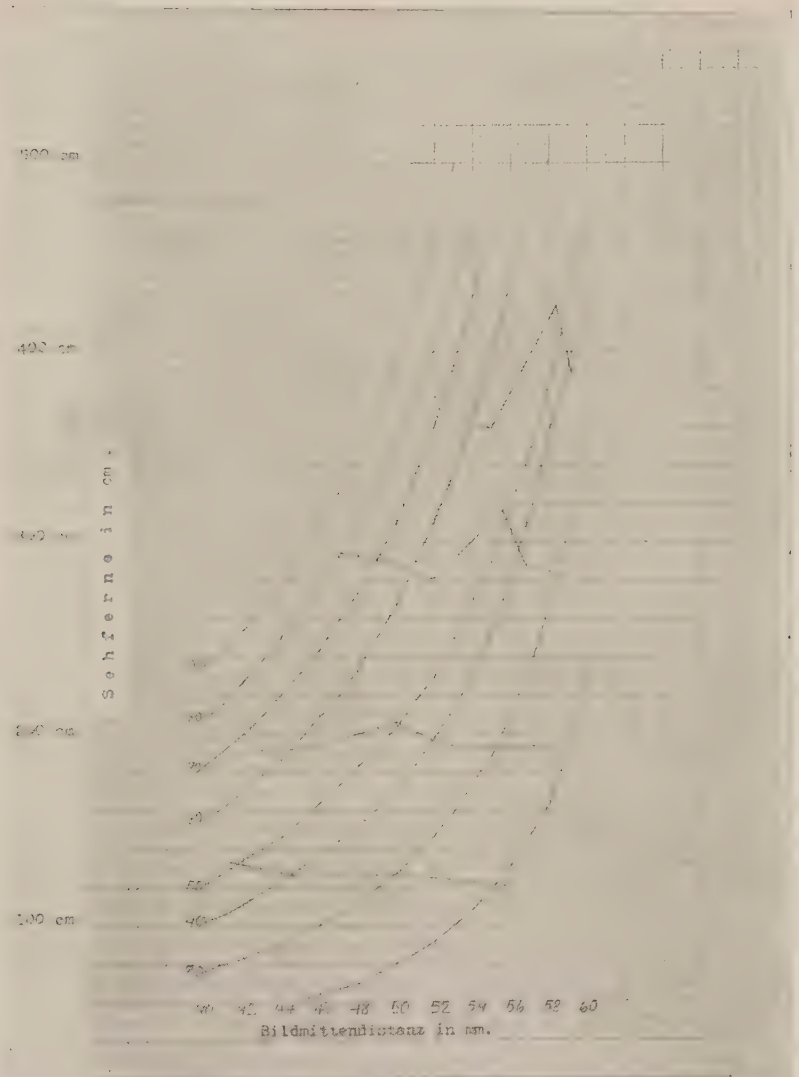
Die Versuche der Abb. 1 liegen auch der Abb. 2 zu Grunde; sie sind aber hier nach anderen Gesichtspunkten geordnet. Auf der Abscisse ist nämlich die jeweilige Entfernung der Platten vom äußeren Augenwinkel angegeben, während auf den Ordinaten die Sehferne vermerkt ist. Es bedeutet also hier z. B. die mit 50 bezeichnete Kurve das Verhalten der Sehferne in ihrer Abhängigkeit von der Plattenentfernung vom äußeren Augenwinkel bei einer Bildmittendistanz von

50 mm. Zu diesen Kurven wurden wiederum die jeweilig zugehörigen Konvergenzpunkte berechnet; diese müssen, wie sich leicht einsehen läßt, durchwegs auf Geraden liegen, die sich alle in einem Punkte schneiden. Dieser Schnittpunkt kommt auf die Mitte der Verbindungslinie der Drehpunkte der Augen zu liegen. Eine Verschiebung der Platten aus einer Distanz von 50 cm in eine solche von 100 cm usf. bedeutet jedesmal eine Verdoppelung der Entfernung des Kon vergenzpunktes.

Die Abb. 2 ist deshalb besonders eindrucksvoll, weil hier in ganz einfacher Weise zu sehen ist, wie sich Sehferne und Lage der Konvergenzpunkte zu einander verhalten, wobei wieder, wie schon mehrmals erwähnt, bewußt alle erkenntnistheoretischen Erwägungen übergangen werden. Man sieht auch hier wieder, wie mit zunehmender Sehferne die Unterschiede zwischen den Kurvenverläufen immer größer werden. Das ist in der Methode selbst begründet, wie folgt.

Die Möglichkeit, den Stab in die scheinbare Ebene des haploskopischen Sammelbildchens einzustellen, beruht auf der Fähigkeit zum stereoskopischen Sehen. Solange das Sammelbildchen in relativ großer Nähe erscheint, gelingen alle Einstellungen mit großer subjektiver Bestimmtheit, weil man leicht im Stande ist zu unterscheiden, wann der Stab vor oder hinter dem Sammelbildchen zu liegen scheint. Wenn man den Stab langsam nach vorne oder rückwärts verschiebt, dann kann man ihn unter diesen Bedingungen leicht unmittelbar in der scheinbaren Bildebene anhalten. Je weiter aber das Sammelbildchen in der Ferne liegt, um so schwieriger wird diese Aufgabe. Die Sicherheit der Einstellung wird immer kleiner, bis sie schließlich geradezu unmöglich wird.

Wenn man die haploskopische Vereinigung der Diapositivbildchen beibehalten kann, was geeigneten Versuchspersonen nach einiger Uebung leicht gelingt (Individuen mit ausgesprochenen Heterophorien, welche eine große Fusionskraft benötigen, haben hier in der Regel mehr oder weniger große Schwierigkeiten), so erscheint der Stab, wenn ein bestimmter



H. Spotaitz

Abb. 1

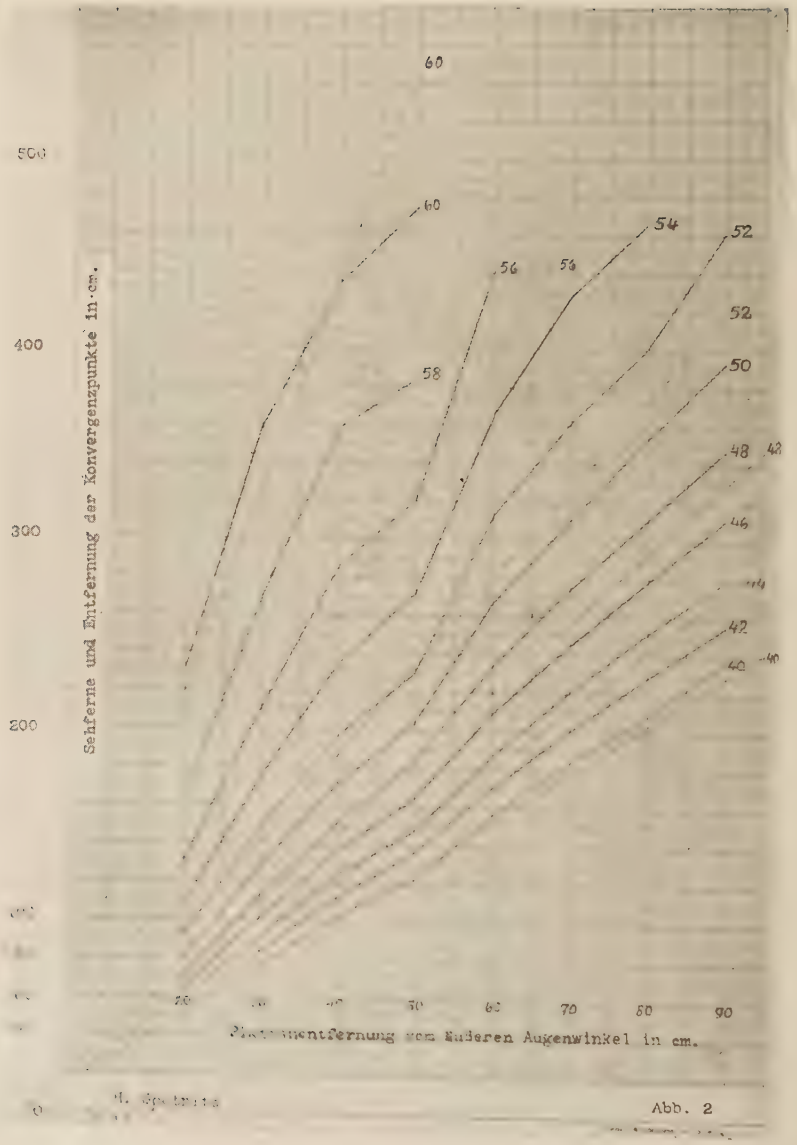

Sehferne und Entfernung der Konvergenzpunkte in cm.
500
400
300
200
60
60
58
56
56
54
52
52
50
48
48
46
42
40
40
70
80
90
Augenwinkel in cm.

Abb. 2

Entfernungsunterschied vor wie hinter der scheinbaren Bildebene überschritten wird, schließlich in Doppelbildern. Diese Tatsache kann man dazu benützen, um orientierende messende Untersuchungen über die Genauigkeit der Einstellung bei verschiedener Sehferne vorzunehmen.

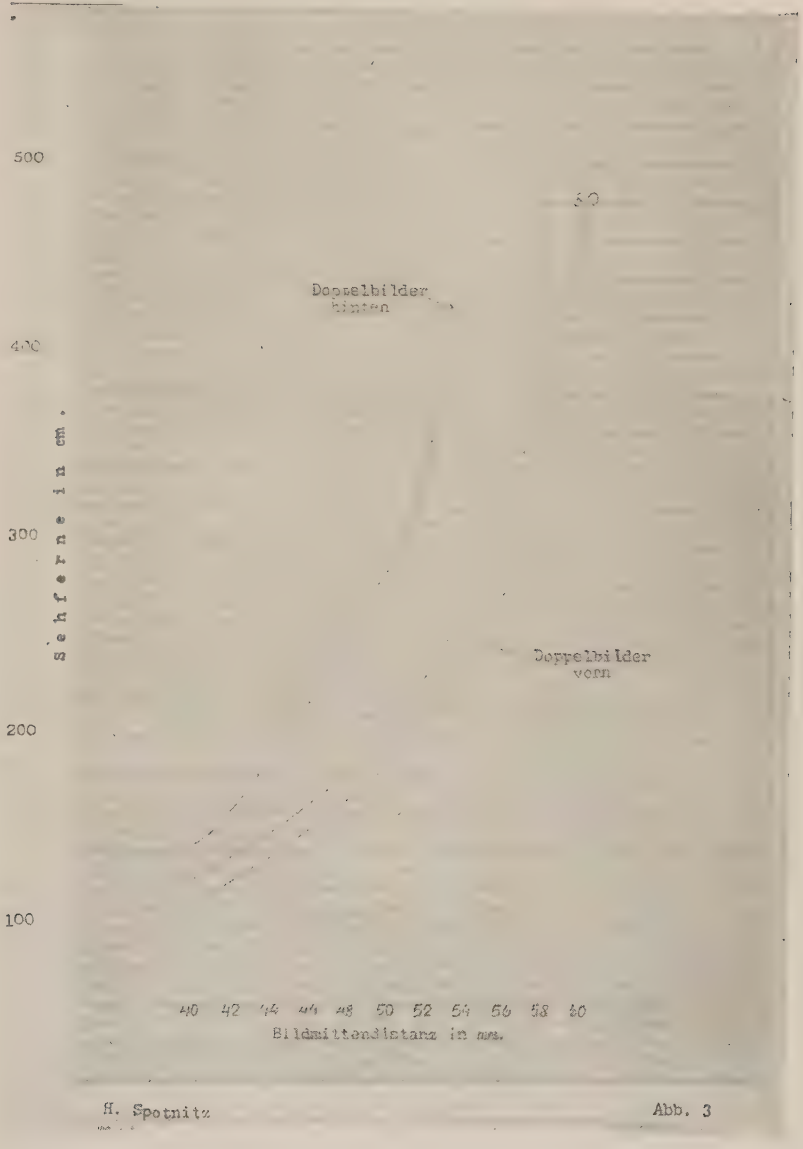
Einen Ueberblick über eine solche Versuchsreihe gibt Abb. 3. Aus derselben ist zu ersehen, daß die lineare Entfernung des Stabes von der scheinbaren Bildebene mit zunehmender Sehferne immer größer werden muß, bis er in Doppelbildern erscheint. Durch die scheinbare Bildebene wird jeweils die Kernebene dargestellt; der Abstand des Stabes vor und hinter der Kernebene zwischen jenen Stellungen des Stabes also, in denen er schließlich in Doppelbildern erscheint — gibt den jeweiligen Bereich des Einfachsehens an, welcher also proportional der Sehferne wächst. Diese Tatsache erscheint als Selbstverständlichkeit, wenn man bedenkt, daß die Tiefenwahrnehmung mit zunehmender Entfernung immer geringer wird. Es müssen ja die relativen linearen Tiefenunterschiede umso stärker wachsen, je größer die absolute Entfernung der betrachteten Gegenstände ist, wenn eine Tiefenwahrnehmung stattfinden soll.

Diese kurz beschriebenen Versuche, deren Schwierigkeiten nicht unbeträchtlich sind, können nur einen vorläufigen Charakter haben. Man kann ja den Bereich des Einfachsehens nicht ohne weiteres mit dem Bereiche des stereoskopischen Sehens gleichsetzen. An anderer Stelle wird auf diese Frage noch genauer eingegangen werden. Jedenfalls ist aber bereits aus den besprochenen Versuchen mit großer Wahrscheinlichkeit zu schließen, daß der maximale Disparations- oder Parallaxenwinkel unabhängig von der Sehferne konstant ist. Ueber diese grundsätzlich wichtige Feststellung, welche oft stark umstritten worden ist, wird gleichfalls an anderer Stelle an Hand weiterer Versuche noch näher berichtet werden.

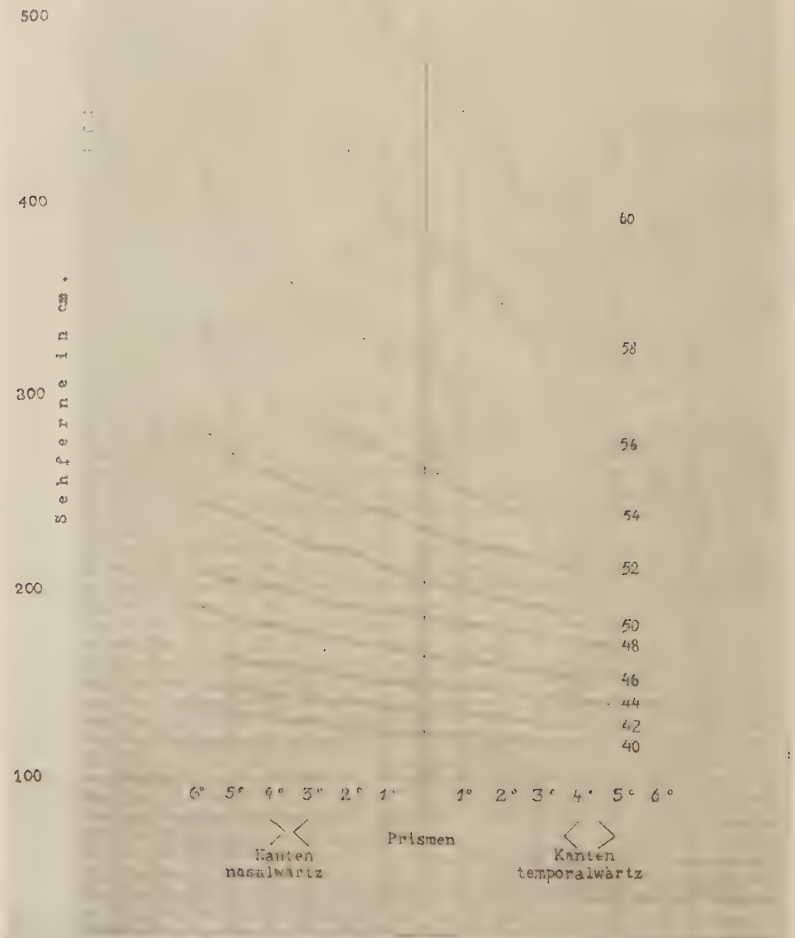
Schon aus diesen kurzen Erörterungen geht hervor, daß unsere Messung der Sehferne ein binokulares Problem ist und daß Sehferne und Sehtiefe innig miteinander verknüpft sind. Dafür gibt es einen einfachen experimentellen Beweis. Wenn

man die Beteiligung eines Auges am binokularen Sehakte abzuschwächen versucht, indem man eine Sektorenscheibe vor einem Auge rotieren läßt, so bleibt die Abstandslokalisation solange vollständig unberührt, als das abgedunkelte Auge noch mitarbeiten kann. Wenn dieses aber schließlich vom binokularen Sehakte ausgeschaltet wird, dann ist eine Einstellung des Stabes unmöglich. Man kann auch durch Vorsetzen von Linsen vor ein Auge eine hochgradige Anisometropie erzeugen. Solange es dabei noch möglich ist, die Bilder zu verschmelzen, leidet auch die Abstandslokalisation keinen Schaden. Damit steht die bekannte Tatsache in Einklang, daß das stereoskopische Sehen auch bei großen Refraktionsunterschieden beider Augen oft noch erstaunlich gut ist.

Es ist noch die Frage zu erörtern, wie sich bei gleichem Parallaxenwinkel die Sehtiefe in Abhängigkeit von der Sehferne verhält. Wenn man hier einfach die linearen Entfernungen berücksichtigen wollte, in welche der Stab vor und hinter die scheinbare Bildebenen gestellt werden muß, um in Doppelbildern zu erscheinen, dann könnte man leicht geneigt sein, anzunehmen, daß ein und dieselbe Querdisparation je nach der Lokalisation der Kernfläche (Sehferne) eine variable Sehtiefe verursacht. Bei der Verschmelzung von stereoskopischen Bildern wächst nun mit Zunahme der Sehferne auch die Sehgröße. Dadurch erhält man unwillkürlich den Eindruck als hätte auch die Tiefe dieser Sehdinge zugenommen. Man muß deshalb diese Probleme von verschiedenen Seiten betrachten. Vornehmlich ist es wichtig, daß man die Begriffe Sehferne, Sehgröße und Sehtiefe nicht voneinander isoliert besprechen kann. Eine abschließende Stellungnahme verlangt aber auch hier noch die Besprechung ergänzender Versuche, denn ein subjektiver Maßstab für die Tiefenwahrnehmung ist nicht unmittelbar gegeben. Bei der Richtungslokalisation liegen diesbezüglich die Verhältnisse viel einfacher, weil durch die scheinbare Mediane ein einfaches Bezugssystem vorhanden ist.



H. Spotnitz Abb. 3



H. Spotnitz

Abb. 4

Zur Abwandlung der Konvergenz kamen noch zwei andere Methoden zur Anwendung. Sie bestanden in der Benutzung von Prismen und planparalleler Platten in Anlehnung an den bekannten Rollet schen Versuch. Die Prismen wurden in einen aus Pupillendistanz möglichst genau eingestellten Brillenhalter mit beiden Kanten nasalwärts oder temporalwärts vor die Augen gesetzt. Auf Abb. 4 sind derartige Untersuchungsreihen bei verschiedenen Bildmittendistanzen verzeichnet. Daraus ist zu ersehen, daß Prismen mit den Kanten nasalwärts eine Vergrößerung der Sehferne verursachen. Bei kleinen Bildmittendistanzen, also geringer Sehferne, erfolgt die Zunahme der Sehferne mit der Stärke der Prismen beinahe gradlinig und nur in bescheidenem Ausmaße. Je größer jedoch die anfängliche Sehferne ist, umso stärker wirkt sich der Einfluß der Prismen aus, was darin zum Ausdruck kommt, daß die Kurven immer steiler werden. Wenn die Prismen mit den Kanten temporalwärts vor die Augen gesetzt werden, dann nimmt umgekehrt die Sehferne mit zunehmendem Prismenwinkel ab und zwar wieder umso mehr je größer die Sehferne mit unbewaffnetem Auge ist.

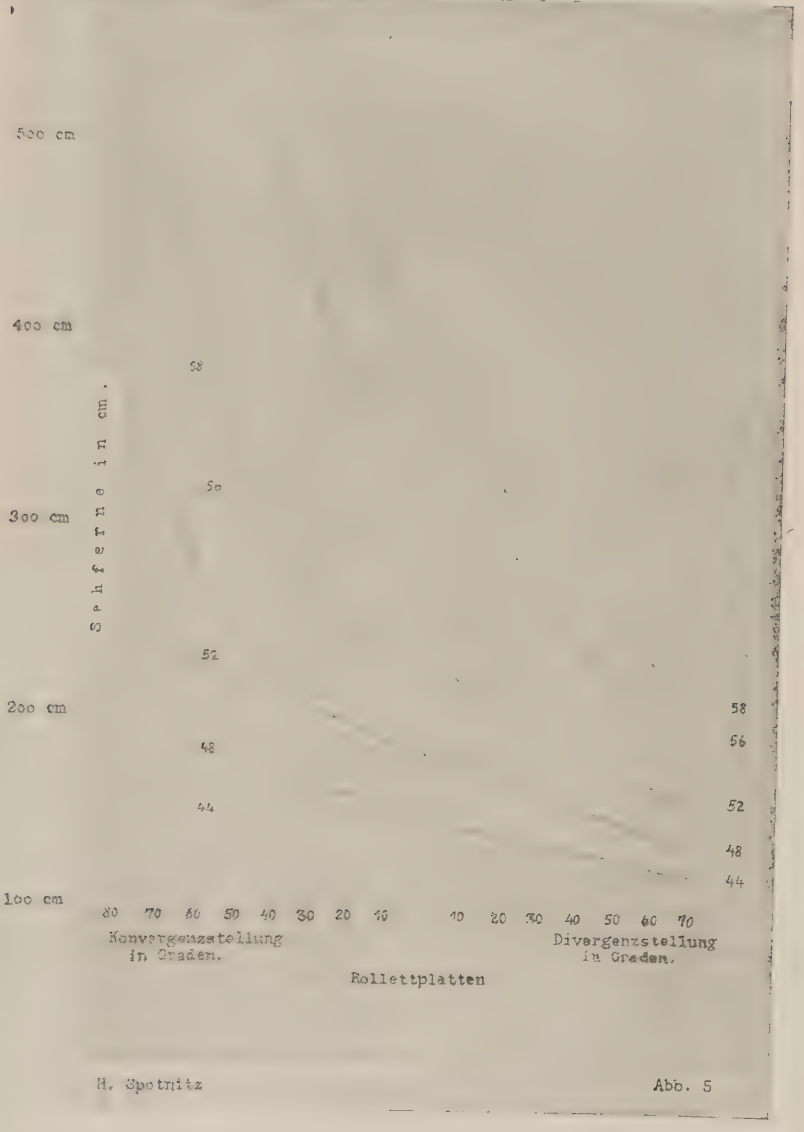
Man muß aus diesen Versuchen schließen, daß so angewendete Prismen die Konvergenz der Augen beeinflussen und zwar, daß Prismen mit den Kanten nasalwärts die Konvergenz in gesetzmäßiger Weise vermindern, Prismen mit den Kanten temporalwärts sie aber umgekehrt vermehren. Bei einer genauen Durchrechnung stellt sich aber heraus, daß die Veränderung der Konvergenz durch die Prismen zwar in einem bestimmten Verhältnis zu der Stärke der Prismen steht, daß sie aber nur einen geringen Bruchteil der Prismenstärke ausmacht. Bei einer Versuchsperson betrug dieser Wert, der aus zahlreichen genauen Untersuchungsreihen empirisch bestimmt wurde, durchschnittlich nur ungefähr ein Sechzehntel; ein Prisma von einem Grad erzeugte also eine Konvergenzänderung von nur etwa ein sechszehntel Grad. Der Grund dieses eigenartigen Verhaltens läßt sich zur Zeit trotz verschiedener Bemühungen noch nicht ganz klar über-

sehen. Gerade deshalb wurde auf die Rolletschen Platten zurückgegriffen.

Wenn man vor ein Auge ein Prisma von 2 Grad, 4 Grad oder 6 Grad mit der Kante nasalwärts setzt, so erweist sich die Einflußnahme dieses Prismas auf die Sehferne als fast genau die gleiche, wie wenn man vor beide Augen je ein Prisma der halben Stärke mit der Kante nasalwärts bringt. Die Beanspruchung eines Auges allein kann also denselben Effekt haben wie eine gleichstarke Beanspruchung beider Augen zusammen. Diese Feststellung stimmt mit den bereits von E. Hering gegebenen Grundlagen überein, daß es nämlich bei jeder Konvergenzänderung zu einer Veränderung der Augenmuskelspannung beider Augen kommt, selbst wenn auch das eine Auge stillzustehen scheint.

Es muß noch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß der Ausfall der Prismenversuche nicht etwa auf eine individuelle Eigentümlichkeit zurückgeführt werden kann, denn bei mehreren Versuchspersonen waren die Ergebnisse grundsätzlich gleichartig.

Als Rolletsche Platten kamen planparallele Spiegelglasplatten von 7 mm Dicke mit einem quadratischen Ausmaße von 6,3 cm zur Verwendung. Dieselben werden zunächst frontoparallel ganz knapp nebeneinander vor die Augen der Versuchsperson gebracht, eine Stellung, welche wir als 0 bezeichnen. Die Mittelpunkte der Quadrate hatten also einen Abstand von ungefähr 6,3 cm. Die Platten konnten mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung um eine lotrechte flächenparallele Achse, welche durch den Mittelpunkt geht, gedreht werden; die Drehung ließ sich mit großer Genauigkeit an einem Gradmesser ablesen. Wurden beide Platten mit den inneren Kanten zur Versuchsperson abgelenkt, dann wird von einer Konvergenzstellung gesprochen. Wurden umgekehrt die inneren Kanten der Platten von der Versuchsperson weggedreht, sodaß die Versuchsperson in den nach hinten offenen Winkel zu sitzen kam, dann sei dies als Divergenzstellung der Platten bezeichnet. In der Regel wur-



H. Spetzler

Abb. 5

den beide Platten um den gleichen Betrag symmetrisch meist in Sprüngen von 10 zu 10 Grad gedreht. Wie sich unter diesen Bedingungen bei verschiedenen Bildmittendistanzen die Sehferne verhielt, ist aus Abb. 5 zu ersehen. Bei frontoparalleler Lage der Glasplatten ergaben sich Einstellungen, die sehr genau mit jenen übereinstimmen, welche ohne Glasplatten gewonnen und auf Abb. 1 verzeichnet worden sind. Mit zunehmender Konvergenzstellung der Platten wird die Sehferne gesetzmäßig größer. Man erreicht auf diese Weise dasselbe wie durch Prismen die mit den Kanten nasalwärts vor die Augen gebracht werden. Ein flüchtiger Ueberblick ergibt, daß eine Konvergenzstellung der Platten von 30 Grad etwa dieselben Auswirkungen hat wie Prismen von 6 Grad vor beiden Augen mit den Kanten nasalwärts. Werden die Glasplatten in eine symmetrische Divergenzstellung gedreht, dann nimmt die Sehferne in gleichfalls gesetzmäßiger Weise mit der Größe der Divergenzstellung ab. Dies wiederum entspricht dem Vorsetzen von Prismen mit den Kanten temporalwärts vor die Augen.

Konvergent gestellte Glasplatten bewirken also eine Abnahme der Konvergenz der Augen, divergente Glasplatten eine Zunahme der Konvergenz. Diese Erfolge sind auf die Parallelverschiebung zurückzuführen, welche den Augen schief vorgesetzte Glasplatten verursachen. Wenn es sich nicht bei unseren Versuchen jedes Mal um eine Veränderung der Lage des Konvergenzpunktes und damit um eine verschiedene Inzidenz der Visierlinien handeln würde, dann ließe sich die jeweilige Parallelverschiebung in ganz einfacher Weise berechnen. Aus genanntem Grunde muß aber eine genaue Auswertung der Zukunft vorbehalten bleiben.

Es wurde natürlich auch geprüft, ob der Akkommodativorgang allein einen Einfluß auf die Sehferne hat, wie dies z. B. Swenson aus seinen Versuchen schließen zu dürfen glaubt; unter Benutzung der relativen Akkommodationsbreite wurden Konvex- und Konkavlinsen symmetrisch vor beide Augen vorgesetzt. Solange Einstellungen überhaupt noch möglich waren, konnte eine Veränderung der Sehferne gegenüber unbewaffneten Augen nicht festgestellt werden.

Besprechung der Versuchsergebnisse.

Mit unserer haploskopischen Untersuchungsmethode ließ sich feststellen, daß der Konvergenzgrad der Augen von bestimmender Bedeutung für die Beurteilung der Sehferne ist. Je größer die Konvergenz umso näher erscheint das Sammelbildchen, das mit Abnahme der Konvergenz in gesetzmäßiger Weise in die Ferne rückt und bei parallelen Augenachsen in unendliche Entfernung strebt. Wenn man alle erkenntnistheoretischen Erörterungen außer Acht läßt, dann kann man sagen, daß das scheinbare Bildchen — von gewissen Abweichungen abgesehen — jeweils in dem Konvergenzpunkte liegt. Die Akkommodation erwies sich als einflußlos.

Es fragt sich nun, welche mit der Konvergenz verknüpften Vorgänge von Einfluß auf die Abstandslokalisation sind. Hier stehen sich nach wie vor zwei Auffassungen gegenüber, ohne daß auch unsere Versuche eine Entscheidung über die Richtigkeit der einen oder der anderen zuließen. Es könnte sein, daß die Augenmuskeln eine bestimmte Art von Sensibilität besäßen, ohne daß dabei die Augenstellung als solche zum Bewußtsein kommen müßte. Hier ist vor allem an die Auffassung A. Tschermaks zu denken, welcher seit langem die Meinung vertritt, daß ein Augenmuskelspannungsbild in den Bewußtseinsinhalt eingreife. Eine solche Anschauung setzt das Vorhandensein spezifischer peripherer Receptoren voraus. Die zweite Denkmöglichkeit besteht darin, daß die mit der Konvergenz verknüpften Innervationsvorgänge Einfluß auf den Sinneseindruck nehmen, wie dies in erster Linie v. Kries wiederholt darzulegen versucht hat. Aber auch in diesem Fall darf unter keinen Umständen von Innervationsgefühlen gesprochen werden, da solche als Bewußtseinsinhalt nicht existieren. Es ist natürlich auch möglich, daß beide Faktoren bei der egozentrischen Abstandslokalisation zusammenspielen.

Aus unseren Versuchen geht aber eine wichtige Folgerung hervor, daß nämlich die Beurteilung der Sehferne grundsätzlich mit einem binokularen Akte verknüpft ist. Es zeigte

sich ja, daß jede messende Untersuchung sofort unmöglich wurde, wenn ein Auge geschlossen oder in seiner Mitarbeit so stark behindert wurde, daß es nicht mehr zu einer Fusion der beiden haploskopischen Bildchen kam. Dadurch wird freilich nicht bestritten, daß es auch beim einäugigen Sehen eine Reihe von Hilfsmitteln gibt, welche ein gewisses, wenn auch nur mittelbares Urteil über die Entfernung von Sehdingen zulassen. Hier ist vor allem an die parallaktische Verschiebung, an die scheinbare Größe und noch verschiedene andere Momente zu denken, welche hier immer wieder angeführt werden. Ein unmittelbares Urteil über die Sehferne läßt sich aber nur mit Hilfe des binokularen Sehaktes gewinnen, wobei dem Konvergenzvorgange eine sehr erhebliche Rolle zukommt.

Auf Grund einiger hier nur angeschnittener Versuche läßt sich der Schluß ziehen, daß Sehferne und Sehtiefe innig miteinander verbunden sind, daß also das stereoskopische Sehen, die relative Tiefenlokalisation der Kernebenen steht. Es wurde kurz besprochen, in welcher Richtung die alte Streitfrage anzugreifen ist, ob ein und derselbe Parallaxenwinkell (Querdisparation) immer die gleiche Sehtiefe bewirkt oder ob dies nicht zutrifft.

Zum Schluß möchte ich meinen besten Dank Herrn Professor Dr. M. H. Fischer aussprechen, dessen verständnisvolle Leitung die Durchführung dieser Arbeit ermöglichte.

Literatur.

R. Baruch: Ueber die räumliche Erscheinungsweise der Nachbilder. Z. Sinnesphysiol. **59**, 197 (1928).

M. H. Fischer: Die Orientierung im Raume bei Wirbeltieren und beim Menschen. Handb. norm. u. pathol. Physiol. XV/2 (1931).

— Untersuchungen über Schferne. Dtsche ophthal. Gesellsch. 1932, S. 36.

J. v. Kries: Allgemeine Sinnesphysiologie. Leipzig, F. C. Vogel, 1923.

H. A. Swenson: The relative influence of accommodation and convergence in the judgment of distance. J. gen. Psychol. **7**, 360 (1932).

A. Tschermak: Optischer Raumsinn und Augenbewegungen. Handb. norm. u. pathol. Physiol. XII/2, 834, (1931).

W. Trendelenburg: Stereoskopische Raummessungen an Röntgenaufnahmen. Berlin, Julius Springer, 1917.

— Zur Frage der Raumbildmessung an Nachbildern. Z. Sinnesphysiol. 60, 89 (1929).

A. Matsuda: Untersuchungen zur optischen Raumwahrnehmung. Z. Sinnesphysiol. **61**, 225 (1930).

Lebenslauf.

Ich, Hyman Spotnitz wurde am 29. September 1908 zu Boston, Mass. U. S. A. als Sohn von Eiser und Annie geb. Waxler, Spotnitz geboren. In Boston habe ich an der Paul Revere Schule von 1913 bis 1917, an der Eliot Schule von 1917 bis 1921, an der Boston Public Latin Schule von 1921 bis 1925 studiert. Nach vier Jahren an der Harvard Universität, Cambridge, Mass. bekam ich Juni 1929 den A. B.-Grad cum laude in Chemie. Mein medizinisches Studium an der Friedrich Wilhelms-Universität Berlin, Deutschland umfaßte vier Jahre 1929—1933. Drei Jahre dieser Zeit nahm ich an den Forschungsarbeiten des Kaiser Wilhelm Instituts für Hirnforschung, Berlin-Buch, teil. Das deutsche medizinische Staatsexamen bestand ich im April 1934, das Examen Colloquium im Mai 1934.